

## 明 細 書

## 電波レンズアンテナ装置

## 技術分野

- [0001] この発明は、ルーネベルグレンズを基本形にした電波レンズと一次放射器を組み合わせて構成される高ゲイン、低サイドローブのレンズアンテナ装置に関する。
- [0002] なお、ルーネベルグレンズを基本形にした電波レンズとは、ルーネベルグレンズに近似した電波の屈曲特性を有し、レンズ表面からレンズの焦点までの距離を $a$ 、レンズ半径を $r$ として、 $0 < a \leq r$ の条件を満たすように設計されたレンズを指す(以下ではこれを近似ルーネベルグレンズと言う)。

## 背景技術

- [0003] ルーネベルグレンズを用いたアンテナ装置は、マルチビームアンテナとして有効なことが知られており、衛星との間で電波を送受信するためのアンテナとして期待されている。
- [0004] ところで、アンテナ装置の性能(例えば高ゲイン、低サイドローブ)を最大限に引き出すためにはフィードの最適化が不可欠であり、また重要となる。
- [0005] パラボラアンテナは、反射板とLNB(低ノイズブロック)とからなり、電波は反射板の放物線状反射面で反射されて焦点に収束するのに対し、レンズアンテナは、レンズとLNBとからなり、電波はレンズの内部で屈折して焦点に収束する。
- [0006] このように、パラボラアンテナと近似ルーネベルグレンズを用いたアンテナは、その原理・条件が異なり、両者の最適フィードは必ずしも一致しない。
- [0007] パラボラアンテナについては、例えば、下記非特許文献1に一次放射器に関する記載がある。

非特許文献1: Antenna Engineering Handbook, 3rd Edition, 17-17~17-21

- [0008] この非特許文献1は、一般的に、一次放射器から反射板(ディッシュ)端に対する角度を $\theta_1$ とすると、メインゲインからの角度 $\theta_1$ の位置におけるゲイン低下が10dBになるような指向性をもつ一次放射器がゲイン、サイドローブに優れていることを述べて

いる。

## 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

- [0009] 近似ルーネベルグレンズについては実用面で満足できるものが既にできているが、レンズの性能がいかに優れていても、フィードが適切でなければアンテナの性能は高まらない。
- [0010] パラボラアンテナは、一次放射器のビーム幅を変化させるとアンテナのゲインが変化する。ビーム幅が広すぎると電波の漏れが発生してゲインが低下し、一方、ビーム幅が狭すぎるとパラボラ反射板に未使用部位が発生してゲインが低下する。
- [0011] また、パラボラアンテナの一次放射器のビーム幅を狭めるほどアンテナのサイドローブは低下する。一般にパラボラアンテナの開口面端部の電力を低下させて電力分布にテーパをつけるとそのサイドローブが低下することが知られているが、一方でアンテナのゲインが徐々に低下し、一次放射器のビーム幅があるところまで狭まるとゲインは急激に低下する。
- [0012] レンズアンテナも同様に、レンズと組み合わせる一次放射器の半値幅を狭めることによりサイドローブを低下させることができるが、一方で、アンテナのゲインもレンズの開口面を有効に使用できないため、ある一次放射器の半値幅の位置から急激に低下し、従って、高ゲインと低サイドローブを両立させるのは簡単でない。
- [0013] 特に、近似ルーネベルグレンズを用いたアンテナは、物理的に理想的な曲面を形成でき、その曲面の曲率によって焦点位置が定まるパラボラアンテナと違ってレンズの特性が理想からずれしまう。例えば、構造に起因する比誘電率の非連続性や、実際のレンズ製造時に発生する電波屈曲率のばらつきが避けられず、このばらつきが原因でサイドローブが高くなるため、パラボラアンテナよりも更に高ゲインと低サイドローブを両立させるのが困難となる。
- [0014] この近似ルーネベルグレンズを用いたアンテナ装置の性能を最大限に引き出すためにフィードの最適化を図る必要があるが、近似ルーネベルグレンズを用いたアンテナ装置は、最近になって実用性のあるものが出現したアンテナ装置であり、その最適フィードを求めるためのパラメータは見い出されていなかった。

- [0015] 上述したように近似ルーネベルグレンズを用いたアンテナは、パラボラアンテナとは原理・条件が異なり、構造に起因する比誘電率の非連続性やレンズ製造に伴う電波屈曲率のばらつきなどの問題もあることから、パラボラアンテナの思想をそのまま適用して一次放射器の性能を決めることはできない。このため、フィードの最適化が不十分でアンテナ装置の性能が十分に引き出されておらず、この問題の解決策が望まれていた。

#### 課題を解決するための手段

- [0016] 上記の課題を解決するため、この発明においては、レンズ表面からレンズの焦点までの距離を $a$ 、レンズ半径を $r$ として、 $0 < a \leq r$ の条件を満たす誘電体で形成された電波レンズ(近似ルーネベルグレンズ)と、
- 一次放射器の10dBビーム幅を $\theta$ として、 $A = \theta / 2 \times (1 + 2a/r)$ の式で求まる $A$ が、40以上、80以下になる10dBビーム幅 $\theta$ を有する一次放射器とを組み合わせた。
- [0017] ここで云う10dBビーム幅とは、図15に示すように、電波のゲイン最大部から10dB下がった位置のビームの幅を指す。
- [0018] 一次放射器は、前記 $A$ の値が50以上、70以下になるように前記 $\theta$ を設定したものが好ましい。
- [0019] この発明のレンズアンテナ装置は、半球状のレンズと、反射面の一部を電波の到来方向に向けてレンズの外側にはみ出させた反射板とを組み合わせることで電波レンズを構成し、この電波レンズと、一次放射器と、この一次放射器を定位置に保持する保持手段とを組み合わせるものが一形態として考えられ、これは静止衛星との間で送受信を行うのに適している。
- #### 発明の効果
- [0020] 近似ルーネベルグレンズと組み合わせる一次放射器の10dBビーム幅 $\theta$ を上記の通りに規定すると、サイドローブがより低くてゲインが大幅に低下しない電波レンズアンテナが得られる。
- [0021] このパラメータを見いだしたことにより、高ゲイン、低サイドローブの高性能アンテナ装置を、開発に要する手間と期間を少なくして提供することも可能になった。

### 図面の簡単な説明

- [0022] [図1]この発明のレンズアンテナ装置の一例を示す側面図  
[図2]この発明のレンズアンテナ装置の他の例を示す側面図  
[図3]レンズ表面から焦点までの距離とレンズ半径の関係を示す図  
[図4]レンズアンテナ装置の性能評価の方法を示す図  
[図5]レンズアンテナ装置の性能評価結果を示す図  
[図6] $a/r=0.005$ のときのデータを示す図  
[図7] $a/r=0.04$ のときのデータを示す図  
[図8] $a/r=0.09$ のときのデータを示す図  
[図9] $a/r=0.14$ のときのデータを示す図  
[図10] $a/r=0.25$ のときのデータを示す図  
[図11] $a/r=0.35$ のときのデータを示す図  
[図12] $a/r=0.51$ のときのデータを示す図  
[図13] $a/r=0.71$ のときのデータを示す図  
[図14] $a/r=0.93$ のときのデータを示す図  
[図15]一次放射器の10dBビーム幅の定義を示す図

### 符号の説明

- [0023] 1 電波レンズ  
2 一次放射器  
3 保持手段  
4 レンズ  
5 反射板  
6 レドーム  
7 スペクトルアナライザ  
S 焦点  
O レンズ中心  
a レンズ表面から焦点までの距離  
r レンズの半径

### 発明を実施するための最良の形態

- [0024] 以下、添付図に基づいてこの発明の実施の形態について説明する。図1に示すレンズアンテナ装置は、電波レンズ1と、この電波レンズ1の焦点部（通信相手の静止衛星に対応した位置の焦点部）に配置する一次放射器2と、この一次放射器2を定位置に保持する保持手段3とで構成されている。
- [0025] 図示の電波レンズ1は、誘電体で形成された半球状のレンズ4と、そのレンズ4の球の2分断面部に取り付ける反射板5とを組み合わせる構成される。
- [0026] 電波レンズ1は、図2に示す球状のレンズ4や、1/4半球状のレンズと反射板を組み合わせたものも考えられる。図2のレンズ4はレドーム6で保持している。
- [0027] レンズ4は、比誘電率の異なる層を積層して構成された近似ルーネベルグレンズであり、任意方向からの電波を屈曲させて焦点に収束させる。このレンズ4は、図3においてレンズ表面からレンズの焦点Sまでの距離を $a$ 、レンズ半径を $r$ として、 $0 < a \leq r$ の条件を満たす誘電体で形成されている。
- [0028] また、一次放射器2は、その一次放射器の10dBビーム幅を $\theta$ として、 $A = \theta / 2 \times (1 + 2a/r)$ の式で求まる $A$ が、40以上、80以下になるもの、より好ましくは、 $A$ が50以上、70以下になる10dBビーム幅 $\theta$ を有するものを採用している。
- [0029] なお、 $a=0$ では一次放射器2がレンズと干渉するため一次放射器2を設置できず、また、 $a>r$ では一次放射器2がレンズから離れすぎてアンテナが嵩高いものになるため商品として成立し難い。その不具合を生じさせないようにするために、 $0 < a \leq r$ の条件を満足させた。
- [0030] この一次放射器2は、コニカルホーンアンテナ、ピラミダルホーンアンテナ、コルゲートホーンアンテナ、誘電体ロッドアンテナ、誘電体装架ホーンアンテナ、パッチアンテナなど任意のものを利用でき特に限定されない。
- [0031] 反射板5は、レンズ4よりも寸法を大きくして反射面の一部を電波の到来方向に向けてレンズの外側にはみ出させている。
- [0032] 保持手段3は、図1のアンテナ装置では仰角調整ができるアーチ型のアームを採用しているが、固定されたスタンドなどでもよい。
- [0033] ー実施例ー

以下により詳細な実施例について述べる。近似ルーネベルグレンズとして、下記のものを用意した。

[0034] レンズ: 直径  $\phi$  370mm、半球形状、全8層

$a/r=0.005, 0.04, 0.09, 0.14, 0.25, 0.35, 0.51, 0.71, 0.93$  の全9種類。

[0035] また、一次放射器として、10dBビーム幅の異なる下記のコルゲートホーンアンテナCH-1からCH-9を用意した。

[0036] [表1]

|      | 10dBビーム幅(度) |
|------|-------------|
| CH-1 | 54.0        |
| CH-2 | 65.2        |
| CH-3 | 76.4        |
| CH-4 | 87.6        |
| CH-5 | 99.2        |
| CH-6 | 110.0       |
| CH-7 | 120.8       |
| CH-8 | 130.8       |
| CH-9 | 140.4       |

[0037] 次に、反射板を組み合わせた上記の各レンズと表1のコルゲートホーンアンテナCH-1～CH-9をそれぞれ組合わせてレンズアンテナ装置を構成し、12.7GHzでの各レンズアンテナ装置のゲインとサイドローブの下記基準からのオーバー率を求めた。

[0038] そのゲインとサイドローブのオーバー率は、スペクトルアナライザー7を使った図4の評価装置を用いて測定した。その結果を図5に示す。この図5は、前掲の  $A = \theta/2 \times (1 + 2a/r)$  の式で求まるAとレンズアンテナ装置のゲインの関係を実線で、Aとサ

サイドローブオーバー比率の関係を点線で各々示している。

[0039]

サイドローブ基準

1)  $29 - 25 \log \theta$  ( $4.4^\circ \leq \theta < 30^\circ$ )

2)  $-8$  ( $30^\circ \leq \theta < 90^\circ$ )

3)  $0$  ( $90^\circ \leq \theta < 180^\circ$ )

[0040] 図6～図14に、 $a/r=0.005, 0.04, 0.09, 0.14, 0.25, 0.35, 0.51, 0.7$

1、0.93の場合のデータを別々に示す。図5は、図6～図14のデータを重ね合わせたものになっている。各アンテナ装置のゲインとサイドローブオーバー比率は、それぞれが共に1本の曲線上にほぼ乗る位置に集中している。これから、前式のAをパラメータにしてアンテナ装置の最適フィードを求め得ることが分かる。

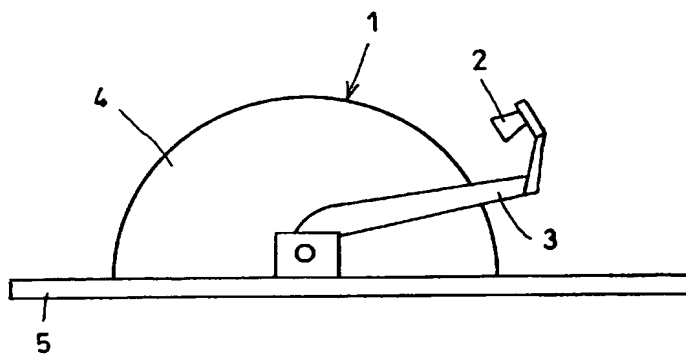
[0041] アンテナの開口効率50% (ゲイン31dB) 以上、サイドローブ20%以下の性能を満たせばアンテナ装置として使用可能であるので、 $40 \leq A \leq 80$ の条件が導き出される。また、アンテナの開口効率65% (ゲイン32dB) 以上、サイドローブ10%以下の性能を満たせばより好ましいアンテナ装置になるので、Aのより好ましい数値として  $50 \leq A \leq 70$  の数値が導き出される。

## 請求の範囲

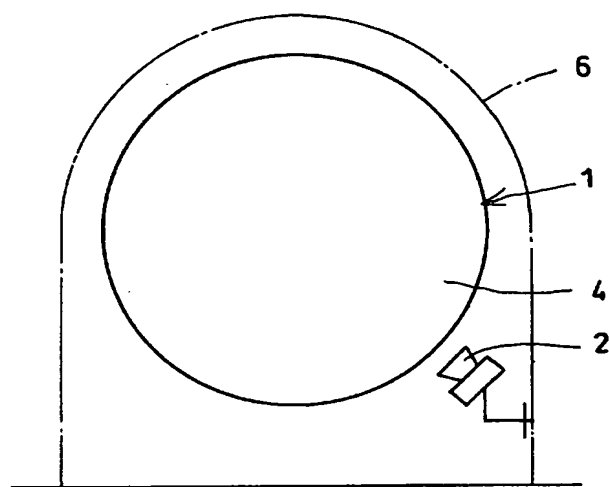
- [1] ルーネベルグレンズに近似した電波の屈曲特性を有し、レンズ表面からレンズの焦点までの距離を $a$ 、レンズ半径を $r$ として、 $0 < a \leq r$ の条件を満たす誘電体で形成された電波レンズと、
- 一次放射器の10dBビーム幅を $\theta$ として、 $A = \theta / 2 \times (1 + 2a/r)$ の式で求まる $A$ が、40以上、80以下になる10dBビーム幅 $\theta$ を有する一次放射器とを組み合わせる構成されるレンズアンテナ装置。
- [2] 前記一次放射器の10dBビーム幅 $\theta$ を、前記 $A$ の値が50以上、70以下になるように設定した請求項1に記載のレンズアンテナ装置。
- [3] 半球状のレンズと、反射面の一部を電波の到来方向に向けてレンズの外側にはみ出させた反射板とを組み合わせる構成し、前記電波レンズを構成し、前記一次放射器を定位に保持する保持手段を備えさせて静止衛星との間で送受信を行うようにした請求項1又は2に記載のレンズアンテナ装置。



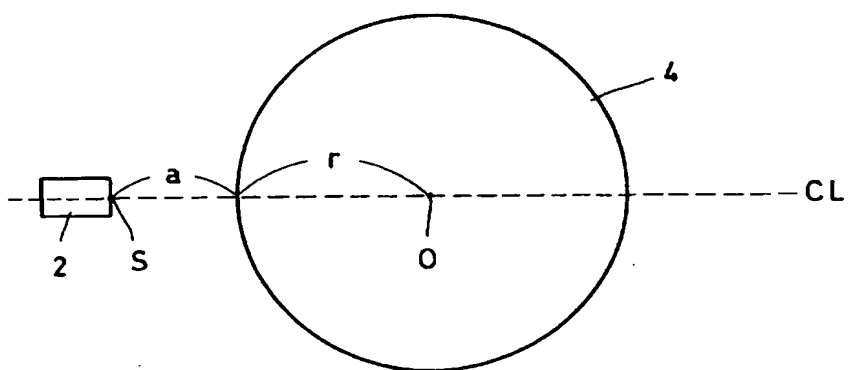
[図1]



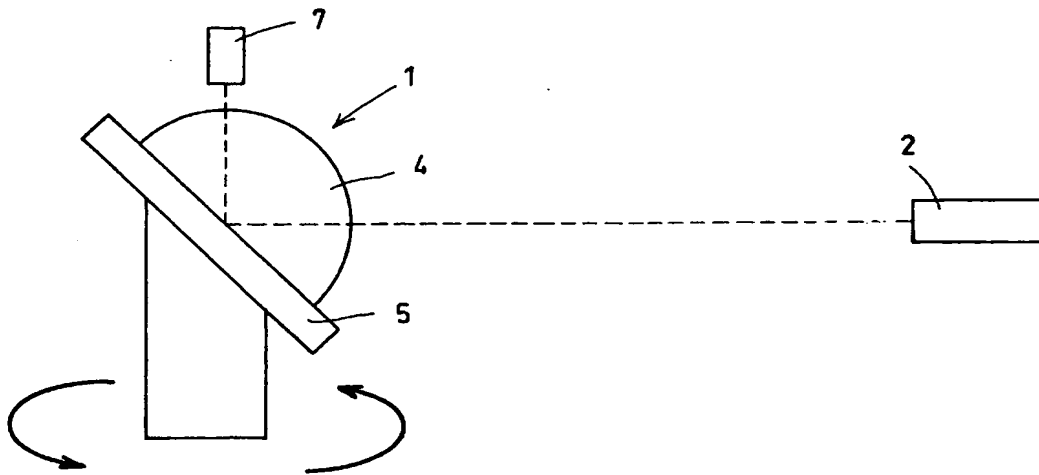
[図2]



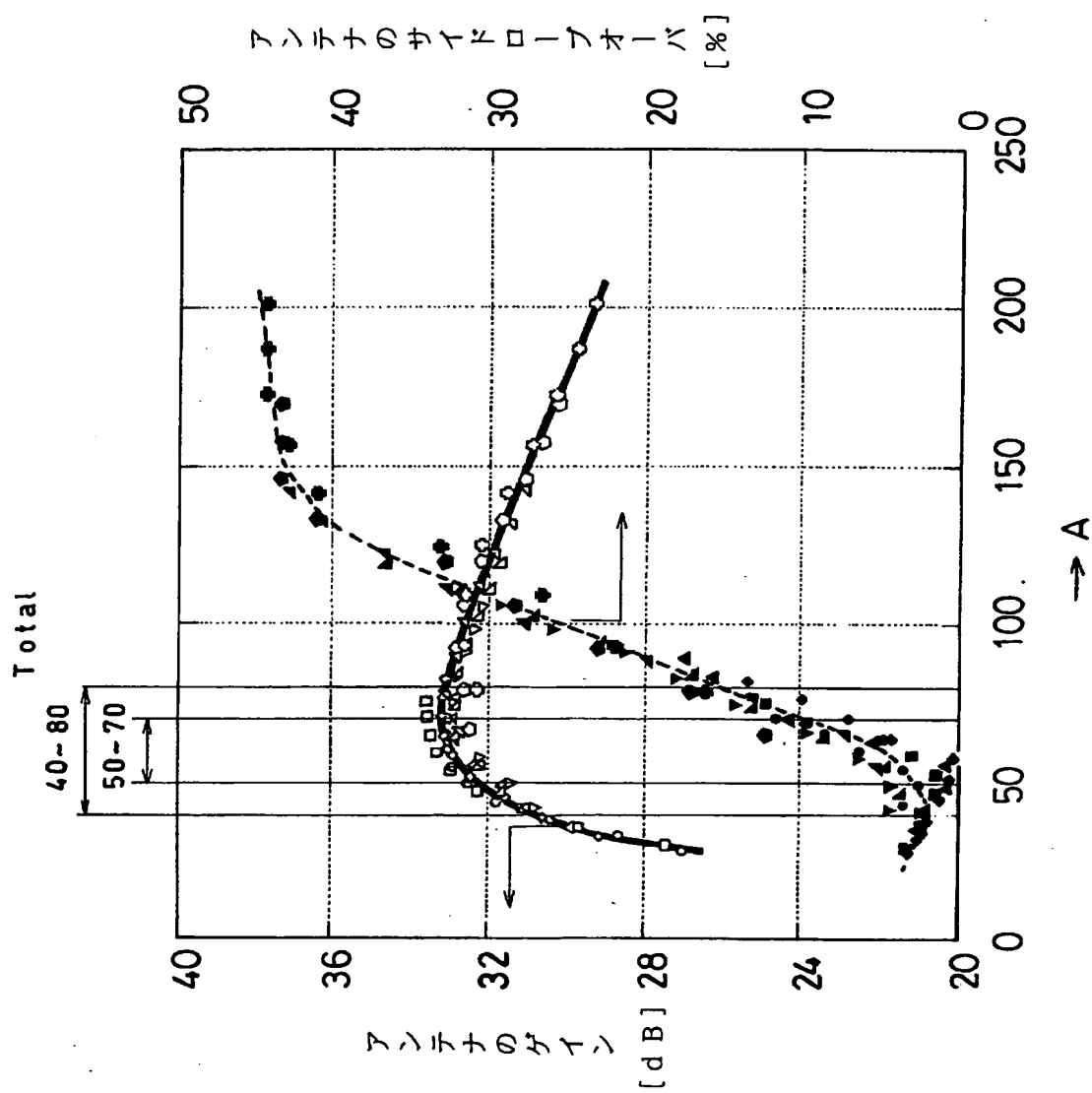
[図3]



[図4]



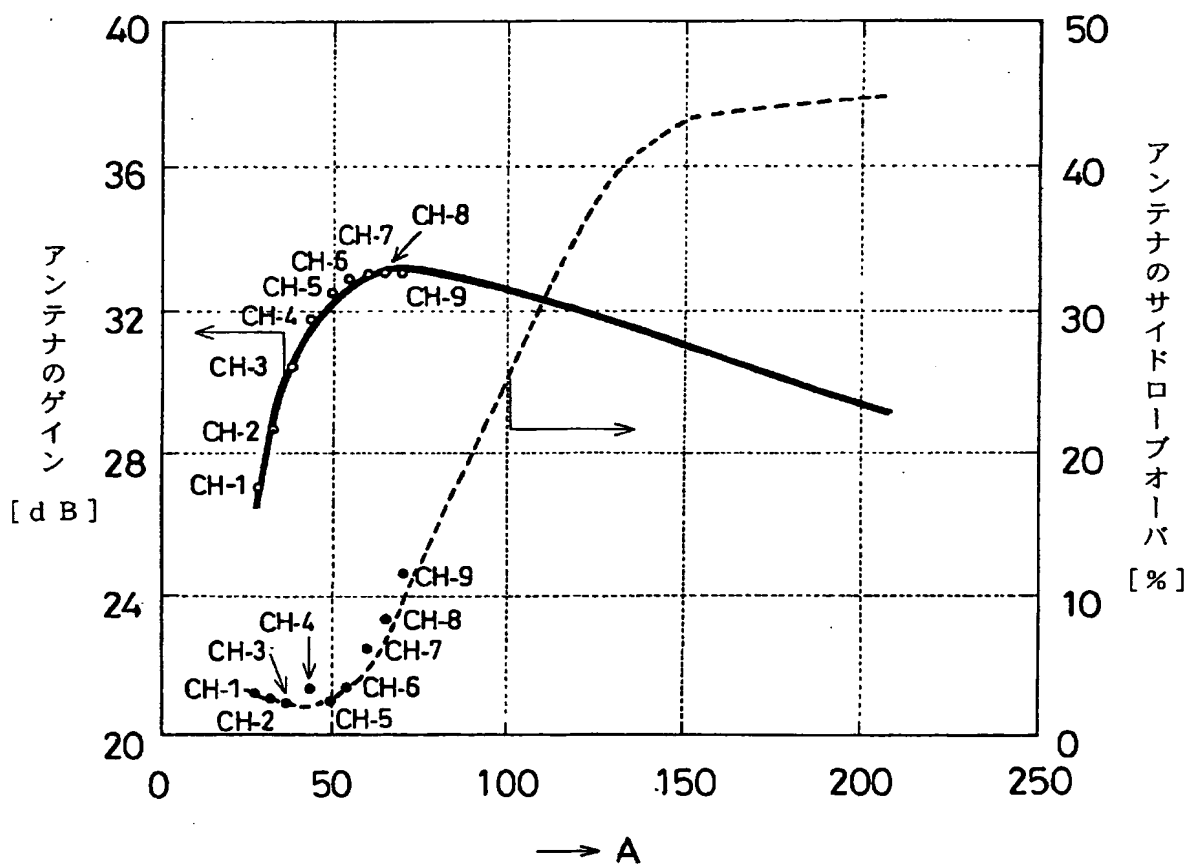
[図5]



| $a/r$   |
|---------|
| ○ 0.005 |
| □ 0.04  |
| ◇ 0.09  |
| △ 0.14  |
| ▽ 0.25  |
| ▲ 0.35  |
| ▴ 0.51  |
| ○ 0.71  |
| ◇ 0.93  |

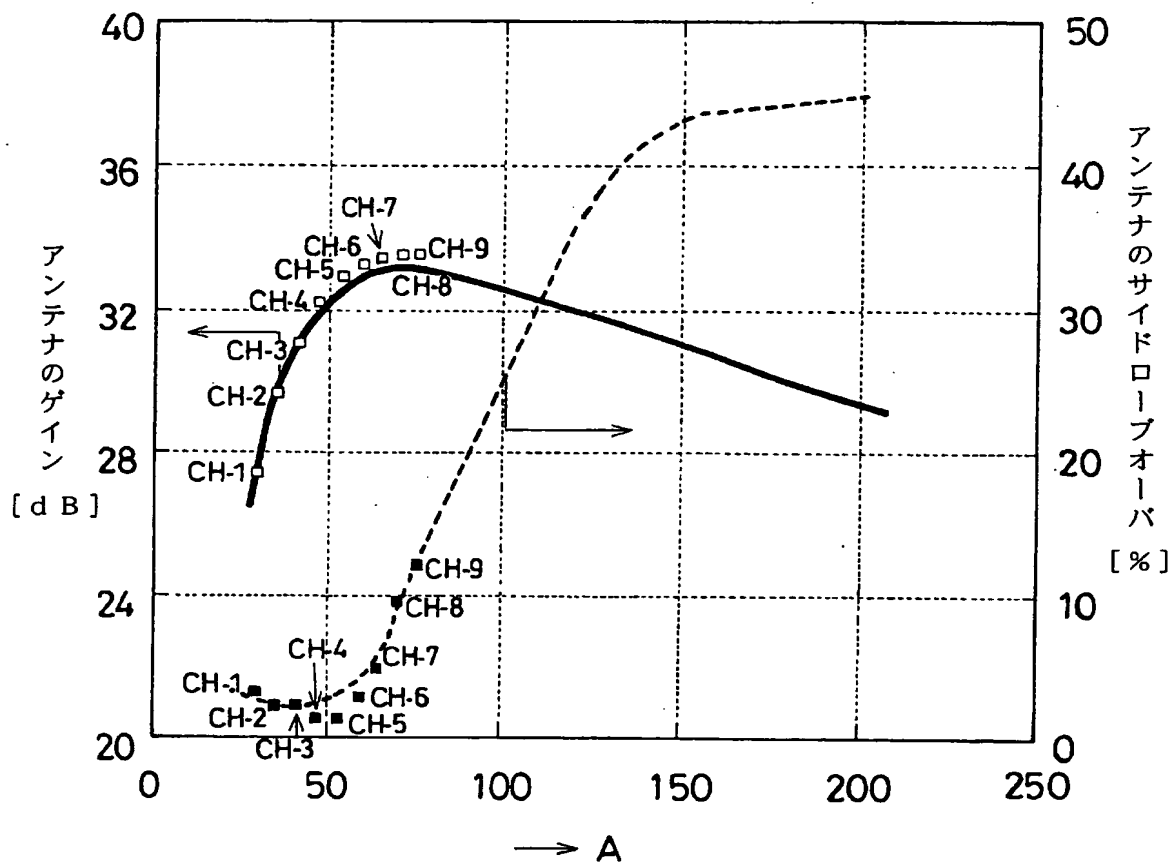
[図6]

$$a/r=0.005$$



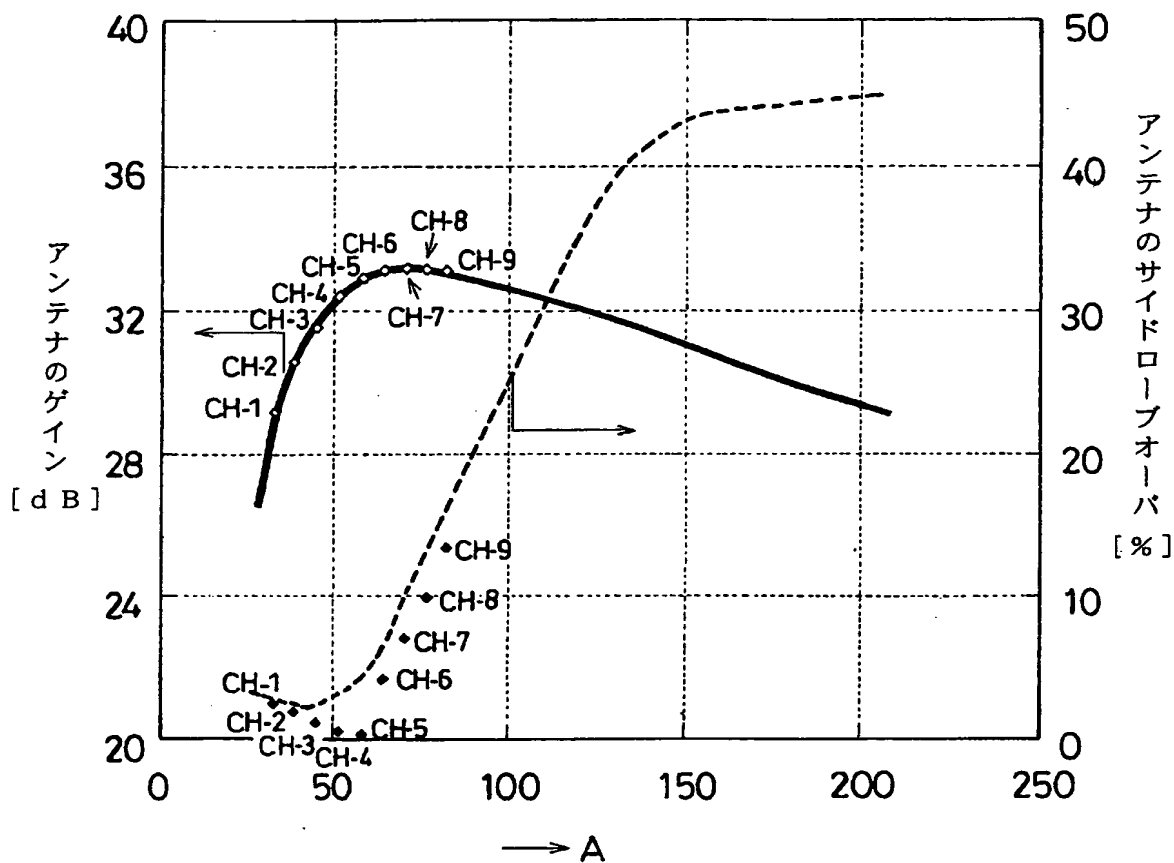
[図7]

$$a/r=0.04$$



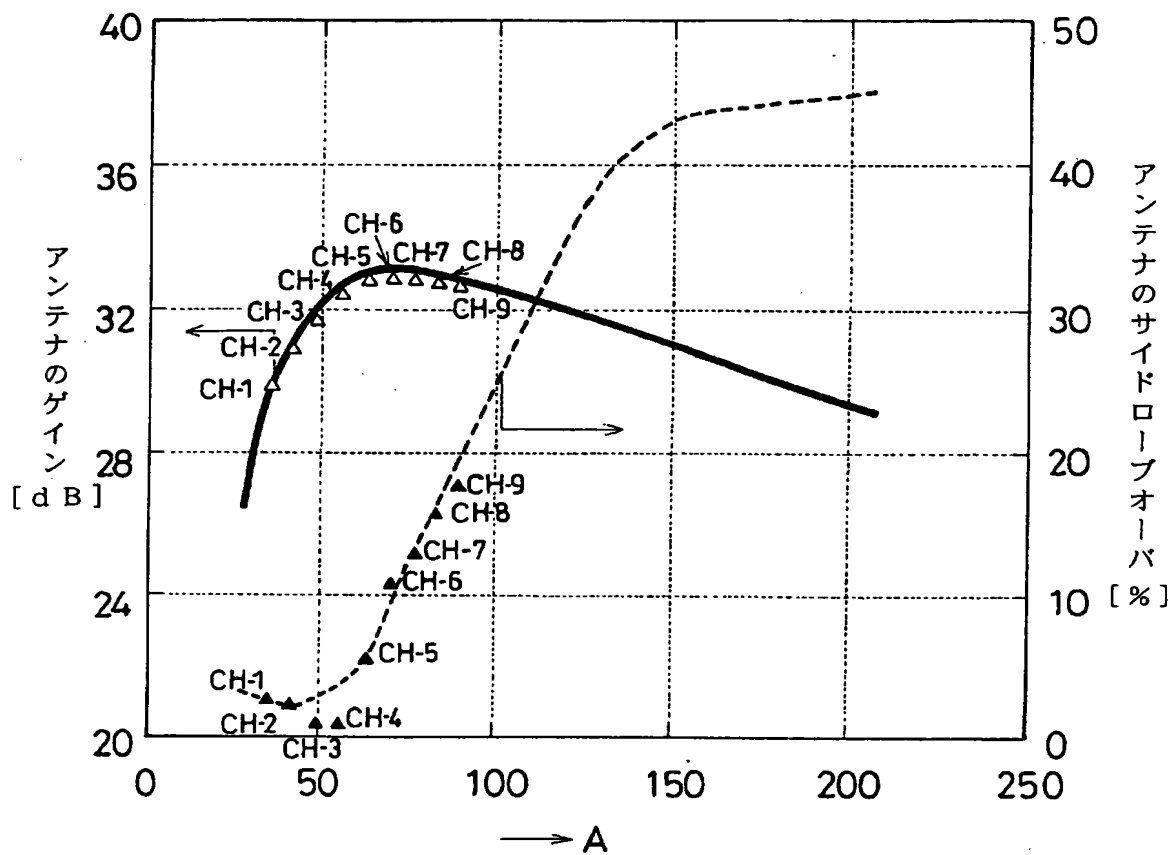
[図8]

$$a/r=0.09$$



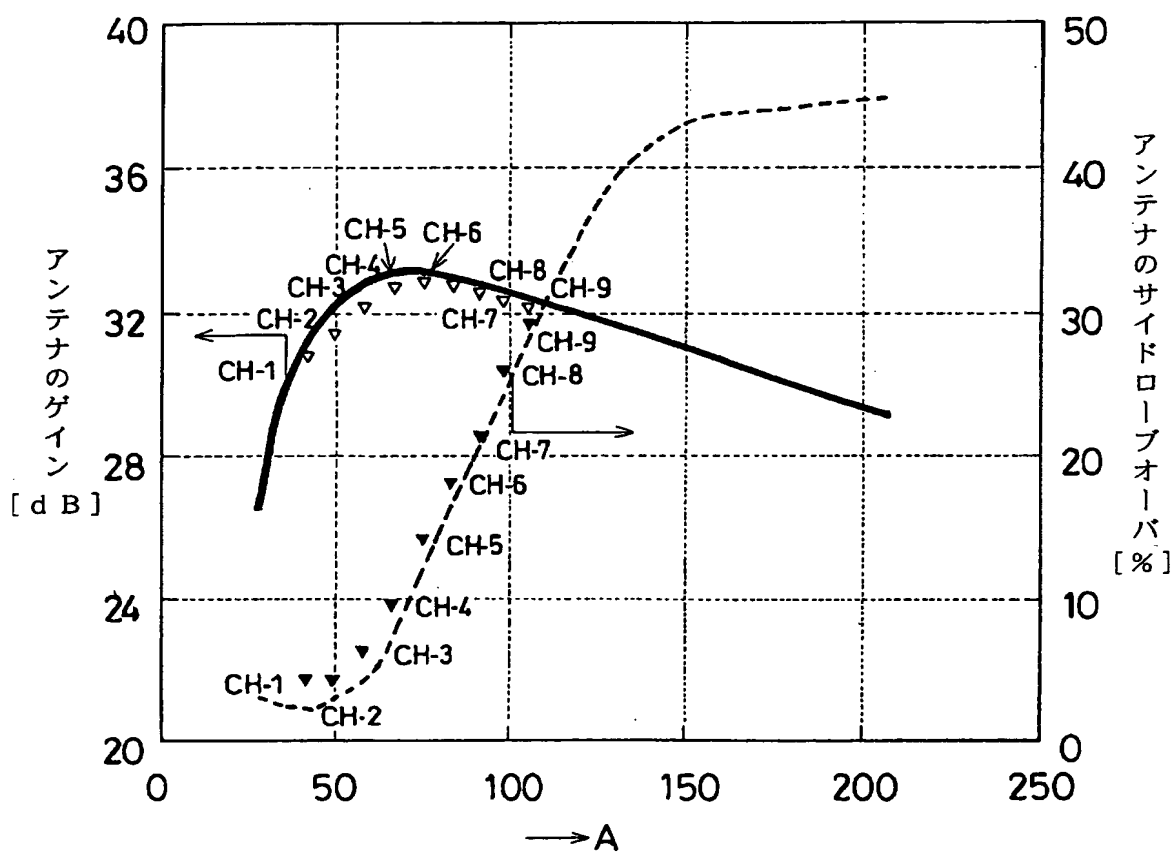
[図9]

$$a/r=0.14$$



[図10]

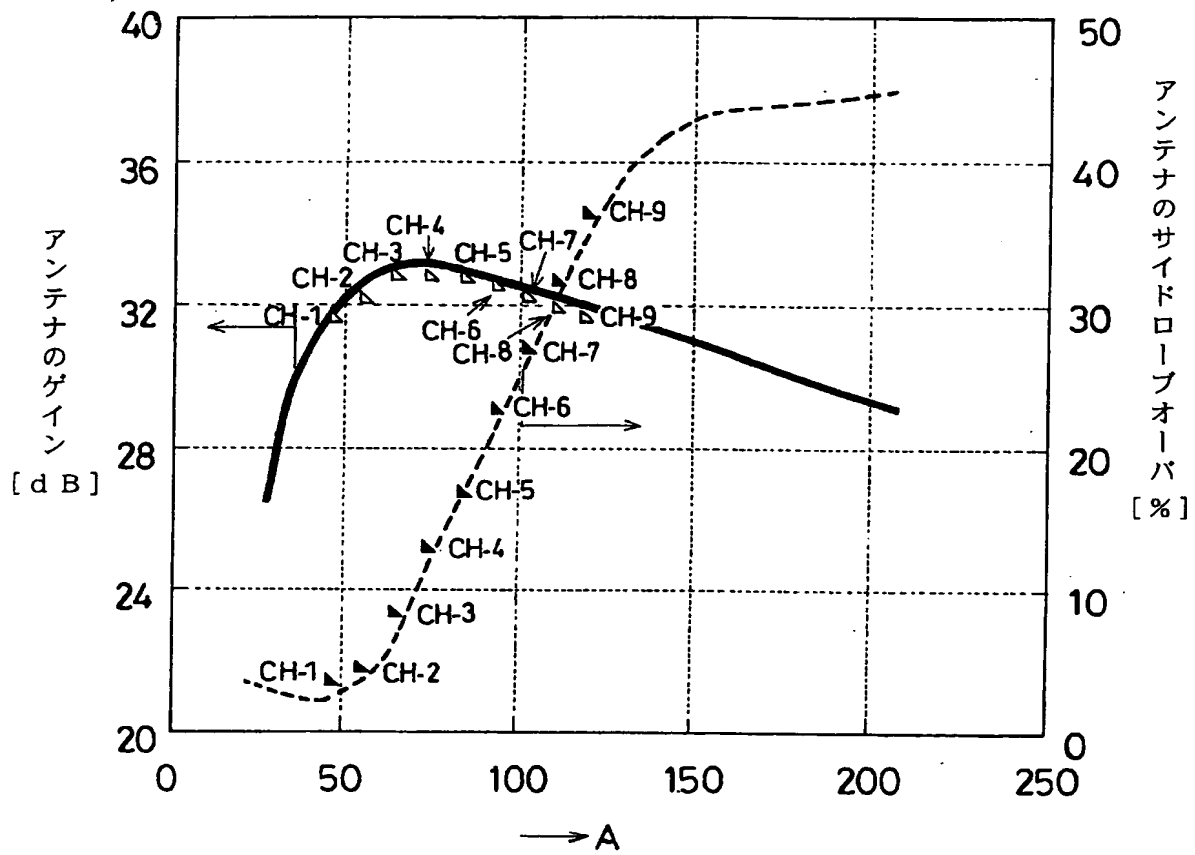
$$a/r=0.25$$





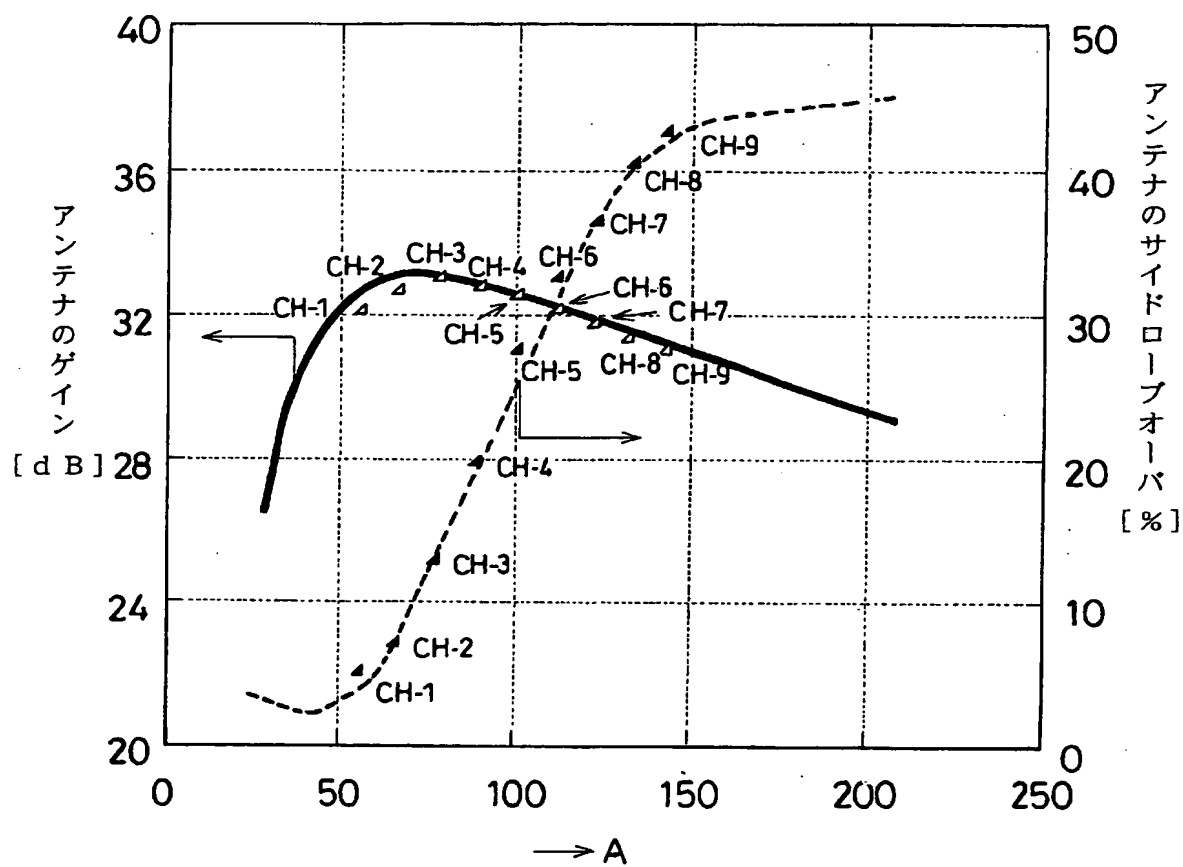
[図11]

$$a/r=0.35$$



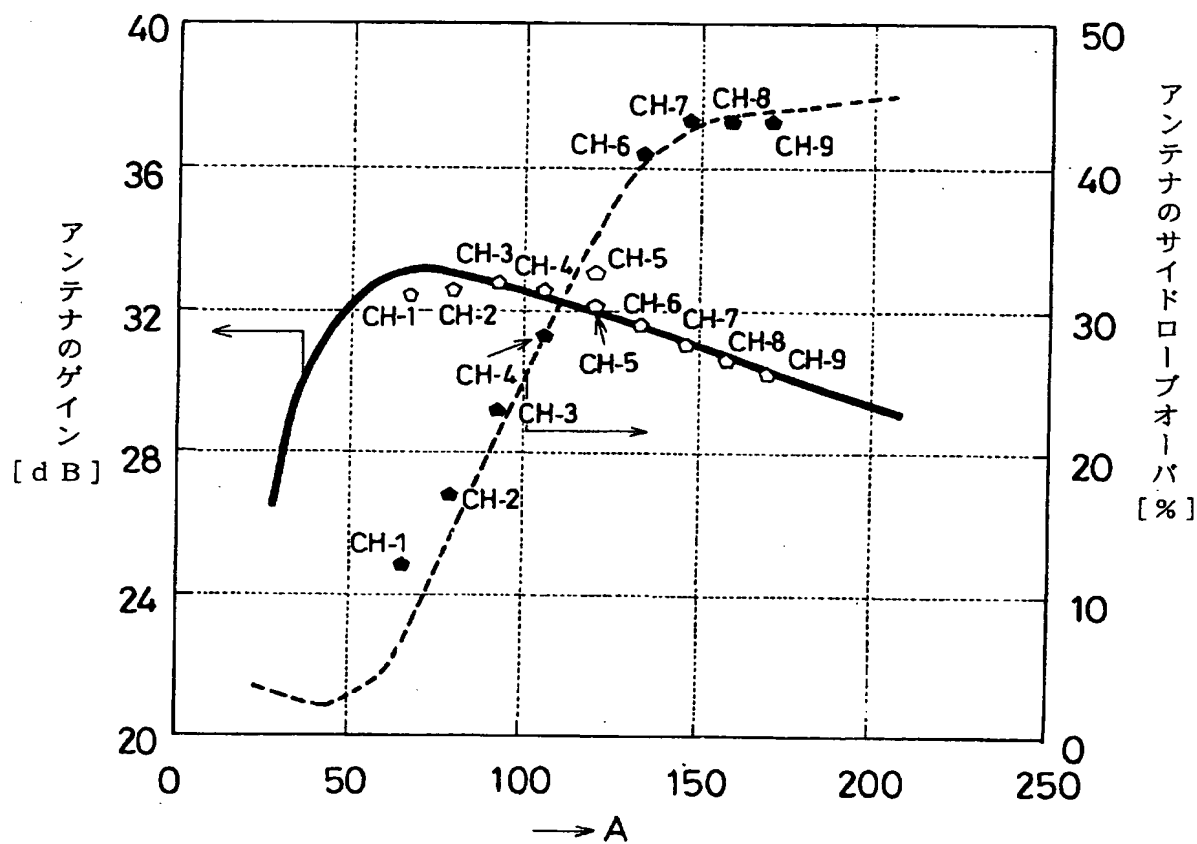
[図12]

$$a/r=0.51$$



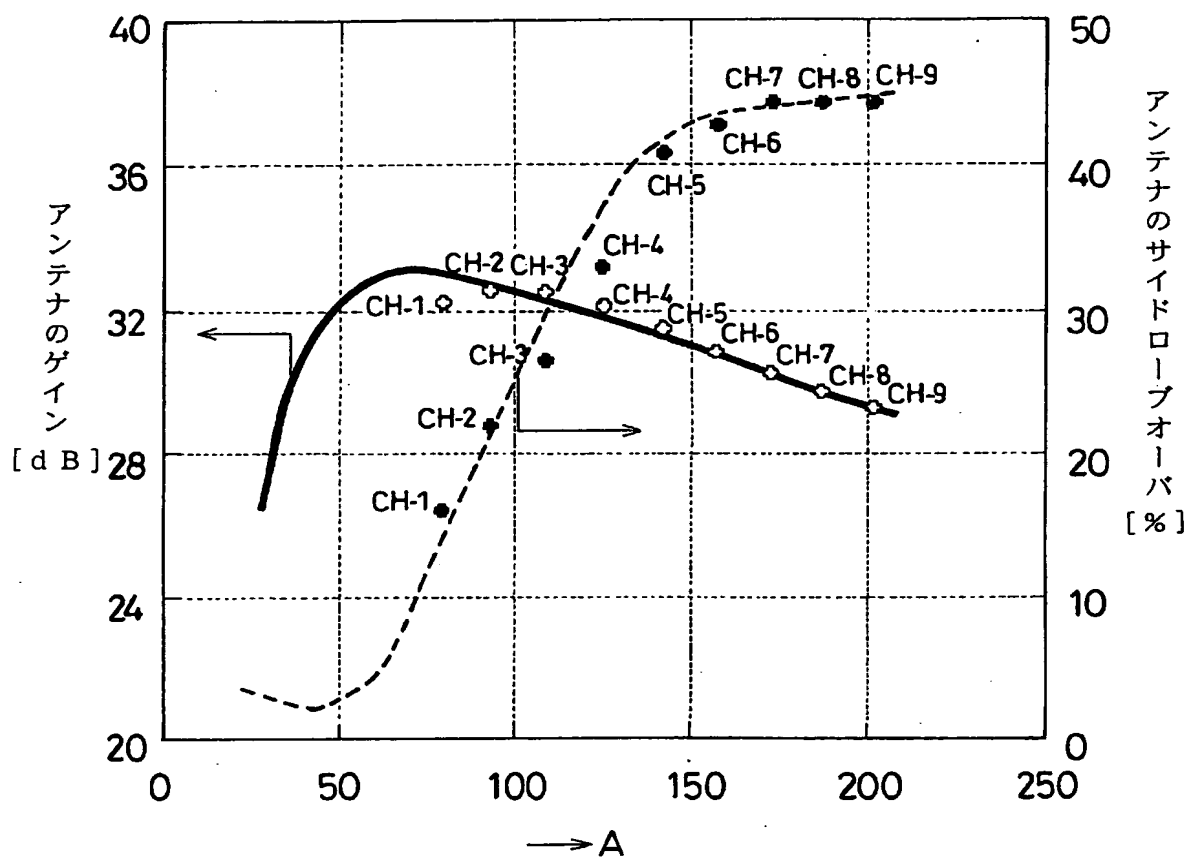
[図13]

$$a/r=0.71$$



[図14]

$$a/r=0.93$$



[図15]

